

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Prilagodbe dobrog dupina,
Tursiops truncatus (Montagu, 1821),
na život u moru

Adaptations of Bottlenose Dolphin
Tursiops truncatus (Montagu, 1821)
to the life in the sea

Tena Šarčević

Preddiplomski studij biologije

(Undergraduate Study of Biology)

Mentorica: doc. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli

Zagreb, 2009.

SADRŽAJ

1	UVOD	3
2	PRILAGODBE ZA PLIVANJE	5
3	DISANJE I RONJENJE.....	8
3.1	PROMJENE U DIŠNOM SUSTAVU.....	8
3.2	PROMJENE U OPTJECAJNOM SUSTAVU	9
4	PROBAVNI SUSTAV	11
5	SLUH, GLASANJE I EHOLOKACIJA.....	12
5.1	SLUH	12
5.2	GLASANJE	12
5.3	EHOLOKACIJA.....	13
6	OSTALA OSJETILA.....	15
6.1	OSJETILA ZA VID	15
6.2	KEMORECEPTORI.....	15
6.3	MEHANORECEPTORI	15
7	TERMOREGULACIJA.....	16
8	OSMOREGULACIJA	17
9	PRILAGODBE U PONAŠANJU	18
9.1	ŽIVOT U SKUPINI.....	18
9.2	OLAKŠAVANJE PLIVANJA	19
9.3	RAZMNOŽAVANJE	19
9.4	BRIGA ZA MLADE.....	20
9.5	LOVNE STRATEGIJE.....	22
10	LITERATURA	24
11	SAŽETAK	27
12	SUMMARY	28

1 UVOD

Dobri dupin, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), pripada redu kitova (Cetacea). Kitove dijelimo, prema građi usnog aparata, na kitove zubane (Odontoceti) i kitove usane (Mysticeti). Dobri dupin pripada kitovima zubanima i to porodici dupini (Delphinidae), a njegova detaljna klasifikacija je slijedeća:

Koljeno (Phylum): Chordata (svitkovci)

Podkoljeno (Subphylum): Vertebrata (kralješnjaci)

Razred (Classis): Mammalia (sisavci)

Red (Ordo): Cetacea (kitovi)

Podred (Subordo): Odontoceti (kitovi zubani)

Porodica (Familia): Delphinidae (dupini)

Rod (Genus): *Tursiops*

Vrsta (Species): *T. Truncatus*

Dobri dupin (*T. truncatus*) obitava u svim morima tropskog i umjerenog pojasa. Upravo zbog takve kozmopolitske rasprostranjenosti, u posljednje vrijeme dolazi do nesuglasica u sistematici dobrog dupina. Naime, dugo se smatralo da unutar roda *Tursiops* postoji samo jedna vrsta, dobri dupin (*Tursiops truncatus*), međutim opisani su varijeteti toliko međusobno različiti da neki autori smatraju kako bi ih trebalo izdvojiti kao zasebne vrste. Po takvoj sistematici danas postoje vrste: *T. truncatus*, *T. gilli*, *T. nuuanu*, *T. aduncus*, *T. parvimanus*, *T. gephyreus* i *T. abusalam* (Nishiwaki, 1972).

Dobri dupin je zbog svoje relativne pristupačnosti (većinom obitava blizu obale; Wells, 1999) te kozmopolitske rasprostranjenosti danas najbolje proučena vrsta dupina. To je i jedina vrsta kitova koja trajno obitava u Jadranu. Upravo se zbog toga ovaj rad bavi dobrim dupinom.

Dobri je dupin srednje veličine, robusnog tijela, tamnog obojenja te s dorzalnom perajom savijenom kaudalno (Wells, 1999). Obojenje varira od svijetlo sive do crne dorzalno i lateralno, a ventralna strana tijela je svjetlija.

Dobri dupin je, kao i svi kitovi (red Cetacea), sekundarno akvatički sisavac. To znači da su mu evolucijski pretci bile kopnene životinje (kopneni sisavci). Pretpostavlja se da su

se kitovi pojavili u doba Eocena, prije 50 milijuna godina (Berta, 2006). Da bi mogli živjeti u vodenj sredini (morima i rijekama) morali su se određeno anatomske i fiziološke prilagoditi. U morske sekundarno akvatičke sisavce spadaju, osim kitova (red Cetacea), perajari (red Pinnipedia), sirene (red Sirenia), morska vidra (*Enhydra lutra*, red Carnivora) i sjeverni medvjed (*Ursus maritimus*, red Carnivora). Kitovi (time i dupini) se ističu kao najbolje prilagođeni životu u vodenj sredini. Upravo ih te prilagodbe razlikuju od kopnenih sisavaca. I njihovo ponašanje je često odraz života u vodenj sredini, ali ujedno i, u mnogim aspektima, prilagodba na život u vodenj sredini. Ovaj rad se bavi upravo onim osobinama koje su omogućile dobrom dupinu da se tako uspješno prilagodi životu u moru.



Slika 1: Dobri dupin, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821),
www.calliebowdish.com

2 PRILAGODBE ZA PLIVANJE

Voda zbog svog sastava i fizikalnih karakteristika pruža otpor tijelu prilikom kretanja. Postoji više oblika otpora koji mogu djelovati istovremeno ili pojedinačno. Dva glavna oblika otpora su trenje i tlak. Trenje nastaje zbog razlika u brzini između slojeva vode koji priliježu uz tijelo (sloj tik uz tijelo se kreće najbrže, brzinom tijela, a udaljeniji slojevi su sve sporiji). Trenje ovisi o nekoliko parametara, a jedan od njih na koji se evolucijski moglo utjecati je veličina površine tijela, jer što je površina veća to je i trenje veće (Divković, 2005). Smanjenje površine tijela moguće je do određene granice jer brzo plivanje zahtijeva utrošak velikih količina energije što je također povezano s veličinom tijela. Prema tome, najbrži plivači su velike ribe i mali kitovi (Hildebrand, 2001).

Drugi oblik otpora pruža tlak. Dok voda prelazi preko tijela, koje se kreće, visoki tlak stvara se ispred tijela, a niski tlak iza tijela. Ta razlika u tlaku rezultira u sili koja djeluje suprotno od smjera kretanja. Da bi se što više smanjilo trenje i razlike u tlaku potrebne su određene promjene oblika tijela. Tlak ima najmanji utjecaj kad je tijelo dugačko i tanko, dok je trenje minimalno ako je tijelo kratko i zaobljeno. Najbolji kompromis je tijelo vretenastog oblika, okruglog presjeka koji je najširi na sredini duljine tijela gdje promjer presjeka iznosi otprilike $\frac{1}{4}$ dužine tijela (Hildebrand, 2001) pa upravo takav oblik tijela imaju dupini.

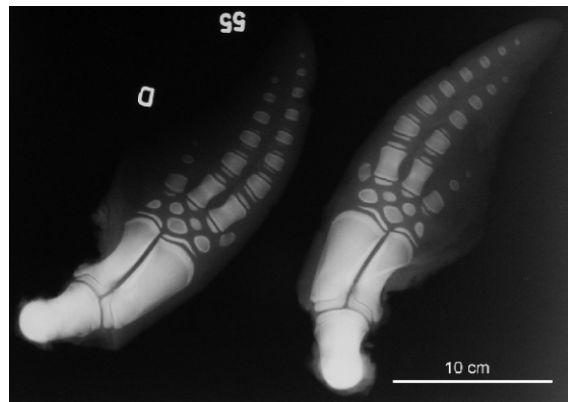
Pri evoluciji sekundarnog prijelaza u vodu, osim promjene samog oblika tijela, došlo je i do redukcije kostiju udova. Prednji su se udovi kod dupina razvili u prsne peraje. Kost prednjih udova su dorzo-ventralno spljoštene i reducirane. Paralelno s redukcijom kostiju formiralo se gusto vezivno tkivo koje daje čvrstoću perajama. Ramena, lakatna i palčana kost također su reducirane u dužini i spljoštene.

Jedinstveno za kitove (za razliku od ostalih sisavaca) je hiperfalangija. To je pojava povećanog broja članaka prstiju, točnije 2. i 3. prsta, a sama se pojava i njeno porijeklo još istražuju. Kod dobrog dupina je pronađena i polidaktilija. To je pojava prisutstva 6 (umjesto 5) prstiju na jednoj od prsnih peraja. Smatra se da je uzrok tome genetski poremećaj.

Većina kostiju stražnjih udova su nestale, a one prisutne su jako reducirane te nisu povezane sa kralješnicom već su uklopljene u trbušne mišiće (Berta, 2006).

Što se same kralješnice tiče, vratni kralješci su jako spljošteni (za razliku od onih kopnenih sisavaca) i gotovo izgubili oblik kralješka. Kod dobrog dupina nekoliko ih je sraslo, što omogućuje bolju stabilizaciju glave i doprinosi većoj hidrodinamičnosti tijela. Samo prva 4 prsna kralješka imaju zglobne nastavke. Prsna kost je duga i spljoštena, a za nju se drže 5-7 para rebara. Dobri dupin ima 12-14 para kralješničkih rebara (Rommel, 1990), a prvih 4 ili 5 imaju dvostruko više zglobnih nastavaka (za pričvršćenje na kralješnicu) te to omogućuje bolju pokretljivost rebrenog koša. Lumbalnih kralješnjaka, kod dobrog dupina, ima 16-18 (Rommel, 1990) te nemaju pričvršćenih rebara. Sakralnih kralješkaka nema zbog potpune redukcije zdjelice. Dobri dupin ima 25-27 repnih kralješnjaka (Rommel, 1990), koji tvore 2 kosti povezane tako da čine oblik slova Y ili V, a učvršćeni su ligamentima (Berta, 2006). Te dvije kosti, tvoreći lukove, čine krvni kanal kojim krv dolazi u repnu peraju. Repna peraja je porijeklom derivat kože te nema ni hrskavičnog ni koštanog potpornja (osim nekoliko zadnjih repnih kralježaka koji se protežu do usjekline), a čini 1/9 tijela dobrog dupina (Nishiwaki, 1972).

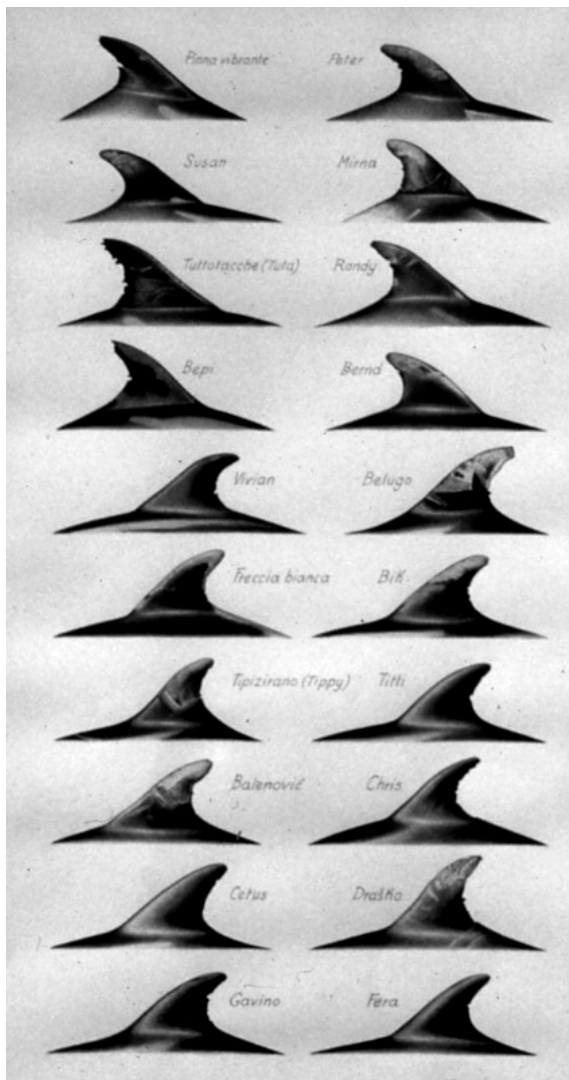
Dorzalna (leđna) peraja varira oblikom i veličinom kod različitih skupina kitova, a neke ju ni nemaju. Leđna peraja dobrog dupina dobro je uočljiva, nalazi se na sredini tijela te je savijena kaudalno. Poduprta je čvrstim fibroznim tkivom, koje je po strukturi slično fibroznom tkivu u repnoj peraji. Služi za održavanje ravnoteže, termoregulaciju i,



Slika 2: Rendgenogram desne i lijeve prsne peraje dobrog dupina (*Tursiops truncatus*), oznake "dupin 55" dobi 2 godine (Đuras Gomerčić, 2006)

pretpostavlja se, za međusobno prepoznavanje. Naime, u svojim igrama, borbama i drugim međusobnim interakcijama svaki dupin dobiva određene ureze, ogrebotine, ožiljke i slično pa tako svaki dupin ima jedinstvenu leđnu peraju koja se u potpunosti razlikuje od peraja ostalih dupina. Zato je leđna peraja jedinstvena kao i otisak prsta

Kretanje dobrog dupina kroz vodu temelji se na dorzo-ventralnim kontrakcijama tijela i



Slika 3: Leđne peraje lošinjske grupe dobrih dupina (*T. truncatus*), (www.plavi-svijet.org)

dorzo-ventralnim pokretima repne peraje. Važnu ulogu u plivanju ima i podkožni sloj izgrađen od čvrstog kolagenog vezivnog tkiva. On pri normalnom plivanju omogućuje ukočenost toraksa te povećava površinu za prihvat mišića fleksora i ekstenzora repa. Stabilnost u vodi dupini postižu dugim plućima smještenima visoko na tijelu te leđnom i prsnim perajama.

Osim toga, dupini su sekundarno izgubili vanjske tjelesne privjeske i tvorevine te time smanjili otpor tijela pri plivanju. Tako nemaju uške, nos (imaju nosni otvor) niti dlaku, a vanjski spolni organi i bradavice su uvučeni u tijelo kada nisu u funkciji (Hildebrand, 2001).

3 DISANJE I RONJENJE

Prilagodbe dupina na disanje i ronjenje zapravo su fiziološke promjene u optjecajnom i dišnom sustavu.

3.1 PROMJENE U DIŠNOM SUSTAVU

Dupini, kao i svi sisavci, udišu zrak. Zbog toga, često moraju izroniti kako bi udahnuli zrak. Dišni sustav dupina počinje dišnim otvorima. Dišni otvori su evolucijski „migrirali” na dorzalnu stranu glave. Otvaraju se aktivno, a zatvaraju pasivno te su zatvoreni sve dok životinja ne treba ponovo udahnuti zrak. Na taj se način ne treba trošiti energija na mišićne kontrakcije za sprječavanje prodora vode u dišni sustav (Berta, 2006). Kitovi usani (Mysticeti) imaju 2, a kitovi zubani (Odontoceti) 1 dišni otvor. Grkljan kitova se sastoji od hrskavica povezanih nizom mišića (Berta, 2006). Da bi mogli odvojiti dišni put od puta prolaza hrane, služe im dvije izdužene hrskavice: *cartilago arytenoidea* i *cartilago thyroidea*. Dušnik je kratak te se sastoji od hrskavičnih prstenova. Pluća kitova imaju hrskavične potpore pa su puno čvršća, ali i puno elastičnija od pluća kopnenih sisavaca. Kod dobrog dupina postoji pregrada u proksimalnom dijelu alveolarnih vrećica, a čine ju mioelastični zavežljaji (kod manjih kitova zubana su, umjesto zavežljaja, mioelastični sfinkteri u bronhiolama, Berta, 2006). Mišićni dio tih zavežljaja (ili sfinktera) služi za zatvaranje alveolarnih vrećica, a elastični olakšava brzi izdisaj. Brzi izdisaj je bitan kako voda ne bi ušla u dišni otvor. Kitovi imaju manji volumen pluća, u odnosu na veličinu tijela, od kopnenih sisavaca. To je posljedica nemogućnosti da skladište plin, što je korisno da se smanji rizik od embolije¹ i drugih poteškoća koje mogu nastati pri brzom izronu.

Dobri dupin iskoristi čak 90% kisika iz svakog udaha (Ridgway, 1969), za razliku od kopnenih sisavaca koji iskoriste svega 20% kisika od udahnutog. To mu omogućuju jako dobro prokrvljene alveole koje zbog toga mogu brzo preuzeti kisik. Pluća su takve građe

¹ Embolija= Začepljenje krvožilnog sistema na bilo kojem dijelu uklještenjem neke mase (embolusa) donesene na to mjesto krvnom strujom. Embolus može biti: 1. tromb 2. neotopljeni zrak ili mjehurici plina 3. kapljice masti 4. fragmenti tumora 5. embolusi kolesterola.

da dopuštaju kolabiranje. To se kod dobrog dupina događa na dubini od 70m. Sav zrak zaostali u plućima, ispod te dubine, biva istisnut iz alveola, koje kolabiraju, u bronhe i dušnik. Tako plinovi ne odlaze u krv te se izbjegne dekompresijska bolest².

3.2 PROMJENE U OPTJECAJNOM SUSTAVU

Tijekom ronjenja, u tzv. apneji³, događa se :

- 1) zbog iskorištavanja kisika bez udisanja novog zraka, dolazi do pada koncentracije kisika (O₂)
- 2) dolazi do povećanja koncentracija metaboličkih produkata, ugljičnog dioksida (CO₂) i laktata, što pak dovodi do zakiseljavanja stanične tekućine i krvnog seruma
- 3) u tim hipoksičnih uvjetima⁴ mišići rade anaerobno⁵ što pak dovodi do još većeg gomilanja laktata.

Osim toga, problem je i povećanje tlaka s dubinom. Tlak se povećava za 1bar svakih 10m dubine. Taj tlak vrši pritisak ne samo na površinu životinje već i na unutarnje organe i šupljine ispunjene zrakom. To može uzrokovati pucanje staničnih membrana i kolabiranje tkiva. Velik problem pri zadržavanju daha je i taj što su, pri visokom tlaku, velike koncentracije O₂ toksične, a dušik ima narkotičan učinak na središnji živčani sustav te oboje može uzrokovati dekompresijsku bolest. Živčani sustav je i sam po sebi osjetljiv na visoki tlak (Berta, 2006). Građa srca je slična kao i kod kopnenih sisavaca. Glavna karakteristika optjecajnog sustava dupina su tzv. „čudesne mrežice” (*rete mirabile*). To su kapilarna razgranjenja koja služe kao krvni rezervoari. U njima su zalihe kisika koji se onda koristi pri ronjenju. Za ronjenje su bitne i 2 velike vene, koje su smještene ventralno od leđne moždine, a njihova se važnost još proučava.

² Udisanje zraka pod pritiskom rezultira većim otapanjem dušika u krvi i tjelesnom tkivu. Ako se pritisak naglo smanji, dušik se velikom brzinom vraća u plinovito stanje. Kao posljedica toga po cijelom se tijelu formiraju mjehurići dušika koji uzrokuju bolest znanu kao dekompresijska bolest.

³ Apneja= Prestanak, izostanak udisanja

⁴ Hipoksija= smanjenje koncentracije kisika ispod razine fizioloških potreba organizma

⁵ Anaerobni uvjeti= uvjeti bez prisutstva kisika

Kisik u tijelu dolazi vezan za krvne pigmente: hemoglobin (u eritrocitima) i mioglobin (u mišićnim stanicama). Jedna od glavnih prilagodbi za ronjenje na većim dubinama (100 i više metara) je upravo povećanje koncentracije mioglobina. Naime, skeletni mišići i periferni organi (poput bubrega i probavnih organa) su visoko tolerantni na hipoksične uvjete. Zato su oni, pri ronjenju, opskrbljeni kisikom iz mioglobina. Hemoglobin lakše otpušta vezani kisik pa je zato on glavni izvor kisika za organe koji su osjetljivi na promjene u koncentraciji kisika (poput srca i mozga).

Prilikom ronjenja konc. O_2 pada, a konc. CO_2 i laktata rastu (metabolički su produkti). Dupini imaju neke fiziološke prilagodbe koje im produžuju vrijeme trajanja zaliha kisika. To su: bradikardija (smanjena frekvencija otkucaja srca), periferna vazokonstrikcija (suženje perifernih žila), koja dalje omogućuje usmjerenje krvi ka organima osjetljivima na koncentraciju O_2 , pad temperature tijela i usporavanje metabolizma. Koliko će biti usporenje rada srca ovisi o: vrsti, raspoloženju jedinke (npr. stres i sl.), dobi jedinke i dubini na kojoj roni. Mehanizmi ronjenja dupina još se proučavaju, no sigurno je da dupini (i ostale sekundarno akvatičke životinje), za razliku od kopnenih sisavaca, imaju veću otpornost stanica na: manjak O_2 , povećanje CO_2 i laktata te na zakiseljavanje tkiva (sniženje pH).

Kod dobrog dupina je dokazano da još prije rođenja dolazi do bradikardije (dok majka roni) te da se ta sposobnost, kao i broj mioglobina, povećavaju s rastom mlade jedinke.

Dubina do koje rone i vrijeme zarona različiti su za različite skupine kitova. To ovisi o mnogo čimbenika: fiziološkim prilagodbama, veličini tijela, ekološkoj niši, tipu prehrane te lovnim strategijama.

Dobri dupin je među kitovima zubanima koji mogu najdublje zaroniti, čak 535m, a izmjereno maksimalno vrijeme zarona je 12 minuta (Schreer i Kovacs, 1997), iako zaron obično traje 3 do 4 minute (Carwardine, 2000).

4 PROBAVNI SUSTAV

Probavni sustav počinje ustima. Građa čeljusti i broj zuba ovise o tipu prehrane. Dobri dupini se hrane većinom ribom, ali i lignjama i rakovima. Plijen gutaju cijeli pa nema potrebe za specijaliziranim zubima te se sekundarno razvilo homodontno zubalo. Jednom kad izrastu, zubi se više ne izmjenjuju (monofiodontizam). Zubi su konični, veliki te tako raspoređeni da zadrže sklisku ribu, a istovremeno je omogućeno izbacivanje vode kroz uske zubne razmake. Cijelo probavilo dupina je izrazito dugačko (vjerojatno zbog velikih metaboličkih, tj. energetskih, potreba). Primjerice, dužina samog jednjaka odgovara dužini $\frac{1}{4}$ tijela. Želudac je podijeljen na odjeljke slično kao želudac preživača (Berta, 2006). Razlika je u tome što je u dupina samo prvi odjeljak bez žlijezda (u preživača su prva 3). Dupini nemaju slijepo crijevo, a njegovu su ulogu pružili limfoepitelni organi analnog kanala. U probavilu dupina jako je važna uloga enzimske razgradnje u želucu.

5 SLUH, GLASANJE I EHOLOKACIJA

5.1 SLUH

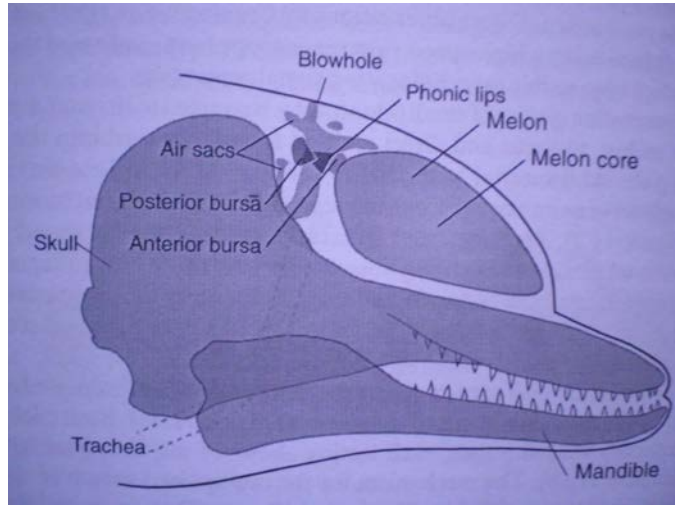
Prije opisa glasanja dupina treba reći osnovne stvari o zvuku. Energija zvuka ima: brzinu (ona ovisi o gustoći medija), frekvenciju, valnu duljinu i amplitudu. Ljudsko uho može razaznati 18 vibracija u sekundi, tj. 1 Hz do 15000 Hz (15 kHz). Zvukovi frekvencija manjih od 18 Hz zovu se infrasonične frekvencije, a frekvencije veće od 20 kHz ultrasonične frekvencije. Zvuk putuje 4.5 puta brže u vodi nego u zraku. Brzina širenja zvučnog vala ovisi i o temperaturi i salinitetu (koji se mijenjaju s dubinom). Oceani su vrlo bučna okolina. Njima putuju zvukovi antropogenog izvora i prirodni zvukovi. U prirodne zvukove ne spada samo glasanje kitova već i glasanje rakova, riba, perajara itd., a većina njih su frekvencija koje mi (nažalost) ne čujemo. Sluh je vjerojatno najbolje razvijeno osjetilo dupina (i zapravo svih kitova). Uho dupina je građom vrlo slično uhu kopnenih sisavaca, s nekim bitnim razlikama: mnoštvo sinusa ispunjenih zrakom (služe kao zvučna izolacija uha), povećan broj trepetljivikavih stanica u unutarnjem uhu, prisutstvo masnog jastučića na donjoj čeljusti (usmjerava zvuk u unutarnje uho), odvojenost uha od lubanje, jako dobro razvijeni organi za ravnotežu, nepostojanje uški. Postoje dva sustava za primanje zvuka: infrasonični zvukovi se prenose kroz ušni kanal ispunjen mnoštvom trepetljivikavih stanica, a ultrasonični zvukovi preko masnog jastučića donje čeljusti. Dobri dupin je, od svih dosad proučavanih, sisavac sa najboljim sluhom (Wells, 1999).

5.2 GLASANJE

Glasanje kitova se sastoji od mnoštva različitih zvukova sa različitim točno određenim značenjem, tj. funkcijom. Zvukove koriste za: obranu, međusobnu komunikaciju, pronalaženje plijena (eholokacija), zastrašivanje neprijatelja. Niskofrekventni zvukovi šire se sporije i dobri su za komunikaciju na veće udaljenosti (Berta, 2006). Visokofrekventni zvukovi su oni kratkih valnih duljina, šire se brzo te su dobri za detekciju plijena. Zvuk nastaje prolaskom zraka kroz nosne prolaze na dorzalnoj strani lubanje (Tyack, 2002). Točnije, pri prolazu kroz par “zvučnih usana” (“phonic lips”) koje se nalaze ventralno od dišnog otvora. Tako proizvode zvukove svi kitovi zubani osim

ulješure. Organ koji rasprši i usmjeri nastali zvuk je tzv. melon (u doslovnom prijevodu “dinja” ili “lubenica”). Melon je smješten na dorzalnoj strani lubanje, a čine ga lipidi koji služe kao akustične leće za usmjeravanje zvučnih valova ispred melona.

Glasanje dupina je lako prepoznatljivo, a zvuči poput zviždanja. Ti “zviždeći” zvukovi su frekvencija 7 do 15 kHz, a obično traju oko 1 sekundu. Svaka jedinka proizvodi svoj karakterističan zvuk, pa ih se može i po tome identificirati na fonogramu. Zasad se zna da ovakve zvukove koriste u međusobnoj komunikaciji, najčešće kad se neka jedinka



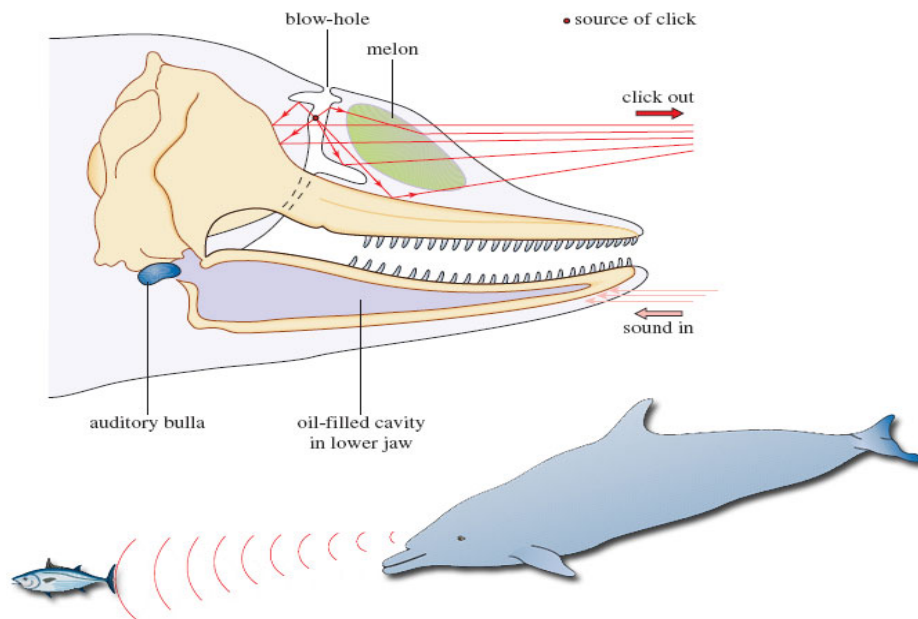
Slika 4: Sustav za proizvodnju zvuka dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) (Berta, 2006)

slučajno odvoji od grupe. U 20% slučajeva čak mogu oponašati zvuk drugoga (Berta, 2006). Također, zapaženo je da vrste koje su društvenije češće zvižde. Osim što svaka jedinka ima karakteristično zviždanje, i svaka populacija ima karakteristično zviždanje, tj. zviždanje svih jedinki neke populacije ima neke zajedničke karakteristike (Berta, 2006). Tip zviždanja ovisi o: vrsti, staništu (npr. različiti tipovi zviždanja riječnih i morskih dupina), situaciji u kojoj se jedinka nalazi (svrsi), o društvenom statusu jedinke, veličini jedinke (u pravilu se veće jedinke glasaju zvukovima nižih frekvencija).

5.3 EHOLOKACIJA

Eholokacija je specijalizirani tip akustične komunikacije u kojem životinja šalje informaciju sama sebi (Berta, 2006). Ona nije karakteristična samo za kitove zubane već je dokazana i kod šišmiša, letećih lemura, zlatnih hrčaka... Eholokacija je zapravo odašiljanje kratkih zvučnih pulseva, koji se došavši do nekog cilja reflektiraju i vraćaju prema izvoru odašiljanja (dupinu). Ti pulsevi traju 10 do 100 μ s te mogu biti ponavljani i do 600 puta u sekundi. Pulsevi dobrog dupina su frekvencija 80 do 150 kHz. Vrijeme potrebno da puls dođe do objekta (npr. plijena) te se reflektira nazad do izvora pokazuje

dupinu koliko je udaljen od toga cilja. Prema procjeni kontinuiranih reflektirajućih pulseva dupin dobiva informacije i o brzini i smjeru kretanja plijena. Paralelnom evolucijom su neke ribe (dupinov plijen), poput sleđa (*Clupea* sp.), razvile sustave za detekciju zvučnih valova koje dupini odašilju. Zato dupini često, nakon što detektiraju plijen, odašilju snažne zvučne valove koji djeluju na plijen tako da ga dezorijentiraju.



Slika 5: Prikaz korištenja ehlokacije. Zvučni valovi odašilju se od izvora preko melona, koji raspršuje te usmjerava te valove. Došavši do objekta (plijena) valovi se reflektiraju te vraćaju prema dupinu koji ih detektira preko donje čeljusti. (<http://openlearn.open.ac.uk/mod/resource/view.php?id=344978>)

6 OSTALA OSJETILA

6.1 OSJETILA ZA VID

Oči dupina prilagođene su za gledanje pod vodom i iznad površine vode. Mrežnica sadrži i štapiće i čunjuće, iako štapića brojčano ima puno više. To ukazuje na veću važnost vida pri slaboj svjetlosti (čemu služe štapići) no vida u boji (čemu služe čunjići). Oči su smještene sa strana glave, ali usmjerene prema naprijed. Na anteriornom kraju su spljoštenije nego oči kopnenih sisavaca. Važnu ulogu ima i reflektirajući sloj, tzv. *tapetum lucidum*, smješten iza mrežnice. Nema suznih žlijezda, umjesto njih su Harderianove žlijezde koje oplakuju rožnicu viskoznom otopinom, štiteći ju tako od utjecaja slane morske vode. Zasad je vid dobrog dupina dosta neistražen, tako da se zapravo još ne zna kako vidi okolinu.

6.2 KEMORECEPTORI

Odrasli kitovi zubani nemaju receptora za njuh (Dehnhardt, 2002), a za okus služe okusni pupoljčići smješteni na bazi jezika. Istraživanja su pokazala da dobri dupin, za razliku od većine ostalih dosad proučavanih dupina, razlikuje 4 osnovna okusa (slatko, slano, kiselo i gorko) i to već pri vrlo malim koncentracijama (Dehnhardt, 2002). Receptori za okus nisu bitni samo u prehrani ("što jesti, a što ne") već i za orijentaciju (prema promjeni saliniteta okolne vode).

6.3 MEHANORECEPTORI

Mehanoreceptori se nalaze u koži po cijelom tijelu. Koža dupina je glatka poput gume, bez žlijezda, a jedine dlake su osjetne dlačice, tzv. čekinje, oko ustiju. Čekinje otpadnu nedugo nakon rođenja, a njihovi folikuli ostaju otvoreni te služe kao receptori za dodir, ali imaju i ulogu u hranjenju. Naime, vjerojatno njima detektiraju tragove kretanja plijena.

7 TERMOREGULACIJA

Morski sisavci žive u hladnom mediju. Čak su i topla tropska mora 10°C hladnija od temperature životinje (u polarnim morima je razlika 35-40°C). Prilagodbe za smanjenje gubitka topline su: veliko tijelo, što manja razlika površine i volumena tijela, dobra toplinska izolacija, promjene u optjecajnom sustavu.

Veliko tijelo, naime, proizvodi puno topline s relativno malim gubitkom kroz površinu tijela. Odrasli dobri dupin dug je 2-3.8 metara, a dužina varira ovisno o spolu i geografskoj rasprostranjenosti (Wells, 1999). Tako su u hladnijim vodama zabilježene veće jedinke (Wells, 1999). Površina tijela (preko koje životinja gubi toplinu) smanjena je vretenastim oblikom tijela bez tjelesnih privjesaka (npr. uški) te je u prosjeku 23% manja od površine tijela kopnenih sisavaca iste tjelesne mase. Koža se sastoji od 3 sloja: vanjska epiderma (pousmina), derma (usmina) i unutarnja endoderma (podusmina). Epiderma je 10 do 20 puta tanja od one kopnenih sisavaca, a pretpostavljam da je to zato što nema opasnosti od isušivanja. Dermu čini gusto vezivno tkivo, dobro prokrvljeno te je puno masnih stanica čiji se broj povećava prema unutrašnjosti tijela. Endodermu (eng. blubber), čini rahlo vezivno tkivo, masne stanice i kolageno tkivo. Taj sloj kože ima ključnu ulogu u termoizolaciji. Kod nekih kitova čini čak 80 do 90% cijelog integumenta. Debljina tog sloja ovisi o: dobi jedinke, spolu, zdravstvenom stanju jedinke i godišnjem dobu. Debljina sloja se povećava kako jedinka raste te s padom temperature vode. U dobrog dupina debljina endoderme može se promijeniti za 2mm u mjesec dana. Njene ostale funkcije su: pohrana energije, kontrola plutanja i olakšavanje plivanja. Gornji lipidni sloj ima više strukturnu ulogu (u plivanju), dok donji lipidni sloj služi kao izvor energije kada je to potrebno (npr. u trudnoći ili pri gladovanju).

Prilagodbe u optjecajnom sustavu odnose se na prisutstvo “protustrujnih izmjenjivača” u perajama i reproduktivnim organima. Prsne, leđna i repna peraja moraju biti dobro prokrvljene jer su bitne u kretanju dupina. Da se kroz njih ne bi gubilo previše topline, služe “protustrujni krvni izmjenjivači”. Glavne arterije dovode toplu krv iz središta tijela u hladne peraje. Arterije su okružene venama koje odvođaju krv iz peraja nazad u središte tijela. Hladna venska krv apsorbira toplinu iz arterijske krvi pa je tako krv koja se vraća u tijelo zagrijana i gubitak topline je minimalan (Berta, 2006). “Izmjenjivač” u reproduktivnim organima dupina služi za hlađenje testisa (u mužjaka) te za hlađenje

fetusa (u ženke). Naime, fetus proizvodi dva puta više topline od majke pa, da ne bi došlo do poremećaja u razvoju ili pregrijavanja i smrti fetusa, hladna krv iz majčine peraje teče direktno prema fetusu time ga hladeći.

8 OSMOREGULACIJA

Osmoregulacija uključuje procese koji uravnotežuju uzimanje vode sa ekskrecijom i gubitkom vode (Berta, 2006). Dupini su hipoosmotični. To znači da im stanične tekućine sadrže manje iona nego okolna voda te konstantno gube vodu iz tijela. Reduciraju gubitak vode bubrezima koji su sposobni proizvesti vrlo hipertoničan (koncentrirani) urin. Osim toga, dupini brzo udišu i izdišu zrak kroz dišni otvor te to brzo udisanje zraka uzrokuje njegovo hlađenje, a time i kondenzaciju vode. Time se smanjuje gubitak vode prilikom disanja. Dupini vodu dobivaju iz hrane (većinu rakova i riba čini 60-80% vode) te kao metaboličku vodu, koja je produkt razgradnje masti.

9 PRILAGODBE U PONAŠANJU

9.1 ŽIVOT U SKUPINI

Dobri dupini su vrlo društvene životinje i žive u skupinama različite veličine i različitog sastava. Najčešće se radi o tri vrste grupa: ženke sa svojim mladuncima, mješana grupa mladih ženki i mužjaka ili odrasli mužjaci, koji plivaju u grupi, sami ili u paru (Wells, 1999). U oceanskim prostranstvima su nerijetko viđene grupe od 1000 i više jedinki, dok uz obale obitavaju grupe od 2 do 15 jedinki (Wells, 1999). Jedinke unutar grupe pomažu si u lovu, kod poroda, bolesti i obrani od napadača. Tako npr. u slučaju ozlijeđenog dupina, na njegovo zapomaganje ostali dupini žure u pomoć, podupiru ga i iznose na površinu vode da pravodobno dođe do zraka. Možda im je i zato životni vijek tako dug, 40 i više godina (Wells, 1999).

Analizom podataka o ponašanju i društvenoj strukturi saznalo se da se mužjaci uglavnom drže u manjim skupinama, dok ženke koje imaju mlade prave veće skupine. Mješane grupe su također manje, a čine ih mladi mužjaci i ženke. Takve skupine su uvijek izrazito aktivne i znatiželjne. Ipak, dupini u skupinama stalno se izmjenjuju, što ukazuje na dinamičnu društvenu strukturu. Tako



Slika 6: Grupa jadranskih dobrih dupina (*Tursiops truncatus*) (<http://www.plavi-svijet.org/data/conservation/dupini/dupini.htm>)

mlade ženke nakon određenog vremena napuste mješanu grupu i odlaze u grupu starijih ženki (Wells, 1999). Kad je hrane malo i teško ju je pronaći, dupini se mogu razdvojiti u manje skupine. Skupine se ponovo mogu okupiti kada je hrane dovoljno za sve, zbog društvenih razloga ili reprodukcije. Unutar grupe postoji hijerarhija te dominantna jedinka (mužjak ili ženka, ovisno o sastavu grupe). Jedinke unutar grupe komuniciraju zvukovima, ali i „govorom tijela“ koji uključuje dodirivanja, poglede, skokove izvan vode, podvodne akrobacije, gurkanja, ali i udarce perajama, ugrize, prijeteće otvaranje ustiju i slično. Skupine dobrih dupina su često viđene u većim grupama sa drugom

vrstom. Te vrste su obično: kratkoperajni bjelogrli dupin (*Globicephala macrorhynchus*), pantropski pjegavi dupin (*Stenella attenuata*), glavati dupin (*Grampus griseus*), *Steno bredanensis* i grbavi kit (*Megaptera novaengliae*; Wells, 1999).

9.2 OLAKŠAVANJE PLIVANJA

Dupini su si i svojim ponašanjem olakšali kretanje u vodi. To ponašanje je lako vidljivo i dobro poznato kao “surfanje dupina”. Grupe dupina često koriste prirodne valove, stvorene vjetrom ili kretanjem većih kitova, ili one stvorene brodovima, kako bi se kretali bez napora. Naime, polje tlaka na prednjem kraju vala paralelno je s površinom vode te to olakšava kretanje prema naprijed. Osim toga, uzdižući se, voda gura dupinovu dorzo-ventralno spljoštenu repnu peraju te ga tako usmjeruje prema naprijed (Hildebrand, 2001).

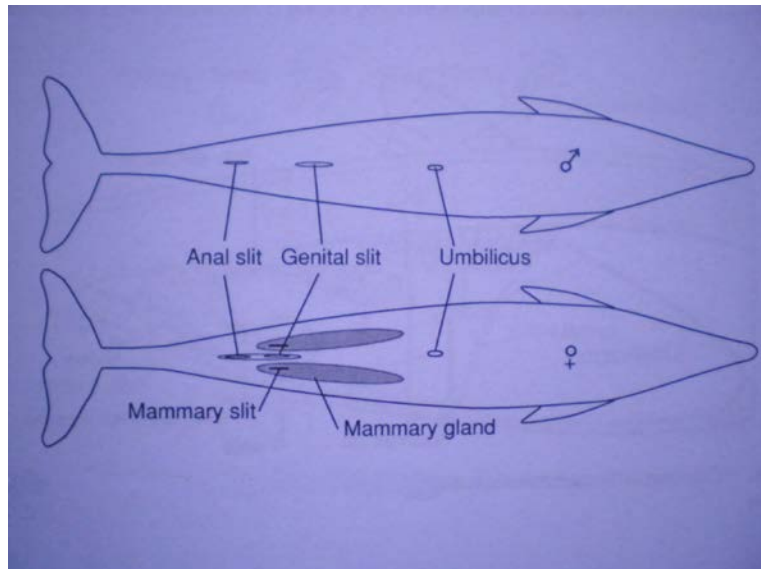
Majka dupina olakšava kretanje svojem mladuncu (koje pliva uz nju) tako što odguruje vodu koja je ispred nje prema naprijed i prema van, a voda iza tijela se pomiče naprijed da zamijeni masu tijela (Berta, 2006).



Slika 7: Majka dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) i njen mladunac (<http://www.plavi-svijet.org/data/conservation/dupini/dupini.htm>)

9.3 RAZMNOŽAVANJE

Spolni dimorfizam kod dobrog dupina se očituje samo u veličini tijela. Fizički zreli mužjaci iz Jadranskoga mora u prosjeku su 6,6% duži od ženki (Đuras Gomerčić, 2006). Kojeg je spola jedinka može se razaznati tek kad pokaže trbušnu stranu tijela. Naime, mužjak ima veći razmak između spolnog i analnog otvora te su kod ženke prisutna, sa strana spolnog otvora, dva sisna otvora.



Slika 8: Vanjske spolne razlike mužjaka (♂) i ženke (♀) dupina. Na slici su označeni, s lijeva na desno: anali otvori, otvori sisnih žlijezda, spolni otvori, sisne žlijezde, pupak (Soury, 1996)

Mužjaci dobrog dupina postaju spolno zreli s 10 do 12, a ženke s 9 do 10 godina starosti. I ženski i muški spolni sustavi su građeni kao i oni kopnenih sisavaca s razlikom što su vanjski spolni organi i bradavice uvučeni u tijelo kada nisu u funkciji (Hildebrand, 2001). Razlika je i što je muški spolni organ u stalnoj erekciji tijekom čitavog perioda tjeranja. Kod kitova zubana javlja se ili poligamija ili promiskuitet. Dobri dupin prakticira promiskuitet. To omogućuje očuvanje genetske raznolikosti i time povećava šansu za preživljavanje vrste. Parenje je sezonsko, a ovisi o raspoloživosti nutrijenata i temperaturi (Soury, 1996). Proces parenja dobrog dupina započinje ženka. Pronašavši odgovarajućeg partnera započinje zavodničko maženje nakon čega slijedi kopulacija u trajanju 20-tak sekundi.

9.4 BRIGA ZA MLADE

Iako ženka postaje spolno zrela s prvom ovulacijom, ne rađa odmah. Naime, za roditi mlado, othranjivati ga, učiti lovne tehnike i ostalo, potrebno je iskustvo. Mlada neiskusna ženka zato privremeno odgodi implantaciju te pomaže drugim, starijim, ženkama istovremeno učeći od njih (postaje tzv. "teta"). Na taj način povećavaju se šanse za preživljavanje mladoga (te time i za preživljavanje vrste). Gestacija traje 12 mjeseci

(Wells, 1999) nakon čega se rodi jedno mlado dugo oko 1 metar. Iako se mogu roditi u bilo koje doba godine, mladi se uglavnom rađaju u toplijim mjesecima (Wells, 1999).



Slika 9: Porod dobrog dupina (*Tursiops truncatus*). Mlado izlazi kaudalnom stranom tijela
(www.webalice.it/edmtromb/blog/dolphinbirth1.jpg)

Mladi jadranskog dobrog dupina kote se tijekom ljeta. Pri porodu dvije ili više ženki („tete”) pomažu majci i štite je od napada morskih pasa privučenih krvlju koja istječe pri porodu. Pri porodu majka dupin se vrti i zakreće prema površini (Soury, 1996).

Porod traje par minuta. Mladunac izlazi kaudalnom stranom tijela da se ne bi

ugušio u vodi. Peraje su mu mekane i priljubljene uz tijelo te postanu funkcionalne u par sekundi. Nakon poroda čitava skupina gurka mladunca na morsku površinu kako bi prvi put udahnuo zrak. Dupini su kod poroda veoma ovisni o toj pomoći svojih rođaka. Mladuncu je „dolazak na svijet” prilično stresan događaj: mora se odmah pokrenuti da bi što prije udahnuo zrak, treba se priviknuti na nižu temperaturu okoline (u majčinom tijelu temperatura je bila 36°C) te naučiti sisati. Nakon poroda dolazi do evaginacije sise (na trbušnoj strani tijela) te se pomoću mišićnih kontrakcija rašire mliječne žlijezde. Mlijeko sadrži 15-45% masti (ljudsko sadrži 4-5%), koja je nužna za brz rast i razvoj. Laktacija traje 12 do 18 mjeseci, ali mladunac već sa 6 mjeseci počinje jesti i ribu (Soury, 1996). Kako se mlado odvikava od sise tako je i mlijeko sve siromašnije hranjivim tvarima, a paralelno se privikava na prehranu odraslih. Nekad ženka dupina preuzme mladunca koji je ostao bez majke te ga ona tada doji (Wells, 1999). Majka i mladunče su u bliskom kontaktu sve dok se mladunac nije sposoban brinuti za sebe, a to bude u dobi od godinu i pol ili duže. Mlado ostaje dugo s majkom jer treba naučiti loviti, obraniti se od neprijatelja (samostalno i grupno), naučiti pravila borbe i igre, naučiti složene međuodnose u grupi te se naučiti orijentirati. Mužjaci većinom nisu aktivno uključeni u

odgajanje mladih. Ženke rađaju novo mlado svakih 2 ili 3 godine. Ženke jadranskog dobrog dupina rađaju svake 2 godine.

9.5 LOVNE STRATEGIJE

Lovne strategije dobrog dupina još su dosta neproučene, a razlog tome je što se hrane na velikim područjima te često u dubinama pa ih je nemoguće promatrati s površine. Lovne strategije kitova općenito ovise o vrsti plijena, a ona je pak usko povezana sa veličinom tijela vrste te energetskim potrebama što je sve opet povezano s ronilačkim sposobnostima i reproduktivnim strategijama. Dobri dupin se uglavnom hrani ribom, ali i lignjama i rakovima. Dobri dupini Jadrana preferiraju osliće (*Merluccius merluccius*) i trlje (*Mullus barbatus*), iako u zadnje vrijeme, zbog njihovog nedostatka, češće jedu srdele (*Sardina pilchardus*) i šarune (*Trachurus mediteraneus*).

U obilju ribe love danju, a u njenom nedostatku i noću. Love samostalno ili grupno. Pri grupnom lovu, lov predvodi dominantna jedinka. Pri lovu se koriste eholokacijom (vidi: 5.3.Eholokacija).

Dosad je poznato 5 lovni strategija dobrog dupina:

- 1) Nošenje spužvi na rostrumu koje potom bace na dno. Time uznemire bentičke ribe istovremeno izbjegnuvši njihove bodlje. Tehnika je koja se koristi na kamenim grebenima.
- 2) Tjeranje riba prema muljevitoj obali.
- 3) Omamljivanje i /ili ubijanje izbacivanjem ribe u zrak pomoću repne peraje.
- 4) Zabadanje rostruma u pjeskovito dno, pri lovu na bentičke organizme.
- 5) Grupni lov na veće jato riba pri velikim brzinama.

Pojedine skupine preferiraju određenu lovnu tehniku te se ona prenosi s majke na mlade.

Dobri dupini su zbog svoje prehrane često u izravnoj konkurenciji s ribarima. Česti uzrok smrti je upravo zaplitanje u mreže stajačice. Međutim, u nekim su krajevima (npr. Mauritanija i Brazil) dobri dupini naučili surađivati s ribarima (Soury, 1996; Wells, 1999; Carwardine, 2000; Connor, 2002), a kako je čovjek danas na vrhu hranidbene piramide, i to je bitna prilagodba dobrog dupina na život u moru.



Slika 10: Grupa dobrih dupina (*Tursiops truncatus*) u lovu na ribe (<http://news.nationalgeographic.com/news/2003/06/photogalleries/swimmingwithsharks/>)

10 LITERATURA

BERTA, A., SUMICH, J. L., KOVACS, K. M. (2006): Marine Mammals: Evolutionary Biology, 2nd ed., Elsevier, Inc., USA

BOWEN, W. D., READ, A. J., ESTES, J. A. (2002): Feeding Ecology. U: Hoelzel, A. R.: Marine Mammal Biology, An Evolutionary Approach, Blackwell Science Ltd., UK, str. 217-247.

CARWARDINE, M. (2000): Dorling Kindersley Handbooks: Whales, Dolphins and Porpoises, Dorling Kindersley Limited, London, UK, str. 6-30, 192 i 193.

CONNOR, R. C. (2002): Ecology of Group Living and Social Behaviour. U: Hoelzel, A. R.: Marine Mammal Biology, An Evolutionary Approach, Blackwell Science Ltd., UK, str. 353-371.

DEHNHARDT, G. (2002): Sensory Systems. U: Hoelzel, A. R.: Marine Mammal Biology, An Evolutionary Approach, Blackwell Science Ltd., UK, str. 116-142.

DÍAZ LÓPEZ, B. i BERNAL SHIRAY, J. A. (2006): Diurnal & Nocturnal behaviour of bottlenose dolphin groups with emphasis on foraging activity on the northeastern coast of Sardinia (Italy), Bottlenose Dolphin Research Institute – BDRI , Italija

DIVKOVIĆ, A. (2005): Veličina repne peraje dobrih dupina (*Tursiops truncatus*) iz Jadranske populacije, Diplomski rad, Veterinarski fakultet, Zagreb

ĐURAS GOMERČIĆ, M. (2006): Rast, spolni dimorfizam i morfometrijske značajke dobrog dupina (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) iz Jadranskoga mora, Disertacija, Veterinarski fakultet, Zagreb

HILDEBRAND, M. (2001): Analysis of Vertebrate Structure, 5th ed., John Wiley & Sons, Inc., USA.

MOUNTAIN, A. (1998): RONJENJE - Otkrijte svijet podmorja, "Dušević & Kršovnik"
d.o.o. Rijeka, Hrvatska

NISHIWAKI, M. (1972.): General biology: Mammals of the Sea, Biology and Medicine
(Ridgway, S. H., urednik) C. C. Thomas Publisher, Springfield, USA, str. 6–136.

RIDGWAY, S. H., SCRONCE, B. L., KANIWISHER, J. (1969): "Respiration and Deep
Diving in the Bottlenose Porpoise", *Science* 166: 1651-1653.

ROMMEL, S. A. (1990): Osteology of bottlenose dolphin. U: Leatherwood, S. i Reeves,
R. R.: The Bottlenose dolphin, Academic Press, San Diego, USA, str. 29-49.

SCHREER, J.F. i KOVACS, K.M. (1997): Allometry of Diving Capacity in Air-
Breathing Vertebrates, *Can. J. Zool.* 75: 339-358.

SOURY, G. (1996): Dauphins en liberté, Éditions Nathan, Paris, France

ŠOLIĆ, M. i KRSTULOVIĆ, N. (2000): Ekologija morskog bakterioplanktona: Tumač
pojmov, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Hrvatska, str. 353 i 366.

TYACK, P. L. i MILLER, E. H. (2002): Vocal Anatomy, Acoustic Communication and
Echolocation. U: Hoelzel, A. R.: Marine Mammal Biology, An Evolutionary Approach,
Blackwell Science Ltd., UK, str. 142-185.

WELLS, R.S. i SCOTT, M.D. (1999): Bottlenose Dolphin, *Tursiops truncatus* (Montagu,
1821). U: Ridgway, S. H. i Harrison, R.: Handbook of Marine Mammals, Volume 6: The
Second Book of Dolphins and Porpoises, Academic Press, London, UK, str. 137-182.

www.calliebowdish.com

<http://www.igman.com/medicinski-rjecnik/A/Apneja.html>

<http://www.igman.com/medicinski-rjecnik/E/Embolija.html>

<http://news.nationalgeographic.com/news/2003/06/photogalleries/swimmingwithsharks/>

<http://openlearn.open.ac.uk/mod/resource/view.php?id=344978>

<http://www.plavi-svijet.org/index.htm>

www.seapics.com

http://hr.wikipedia.org/wiki/Dobri_dupin

www.webalice.it/edmtromb/blog/dolphinbirth1.jpg

11 SAŽETAK

Prilagodbe dobrog dupina, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), na život u moru odnose se na niz anatomskih i fizioloških promjena, koje su se dogodile pri evolucijskom prijelazu sisavaca s kopna u vodenu sredinu. Ključno za dobro plivanje je vretenasto tijelo te razvoj peraja. Fiziološke promjene u optjecajnom i dišnom sustavu su prilagodbe dupina na ronjenje. Glavne odlike optjecajnog sustava su „čudesne mrežice”, povećana koncentracija mioglobina u krvi, bradikardija, periferna vazokonstrikcija i nizak metabolizam tijekom zarona. Glavne promjene u dišnom sustavu su dobro prokrvljene alveole i pluća takve građe da dopuštaju njihovo kolabiranje te nosni otvor na dorzalnoj strani glave koji se otvara aktivno, a zatvara pasivno. Probavilo dupina je izrazito dugačko te je jako važna uloga enzimske razgradnje u želucu, građom slično kao želudac preživača. Sluh je najbolje razvijeno osjetilo dobrog dupina. Ostala osjetila nisu razvijena kao ona u kopnenih sisavaca, ali to se kompenzira razvijenim sustavom za eholokaciju. Glasanje dobrog dupina je prepoznatljivo te nalik zviždanju. Svaka jedinka i svaka populacija ima karakterističan tip „zviždanja”. Glavnu ulogu u termoregulaciji imaju endoderma (eng. blubber) i „protustrujni izmjenjivači”, a važna je i mala razlika u površini i volumenu tijela. Osmoregulaciju vrše bubrezi koji su sposobni proizvesti vrlo hipertoničan (koncentrirani) urin. Dobri dupini imaju složenu socijalnu strukturu, čvrstu povezanost unutar grupe i brigu za mlade. Promiskuitet je bitan za održavanje genetske bioraznolikosti. Odgođena implantacija i dugo vrijeme koje mladunac provodi s majkom imaju ključnu ulogu u očuvanju vrste.

12 SUMMARY

Adaptation of bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) to the life in the sea include anatomical and physiological changes that happened when mammals moved from land to the sea. The most important adaptations for good swimming are streaming body and development of flippers and fluke. Adaptations for diving include circulatory and respiratory changes. The key changes in circulatory system are development of *retia mirabilia*, high concentrations of myoglobin, bradycardia, peripheral vasoconstriction and low metabolic rate during dive. The key changes in respiratory system are highly vascularized alveoli, the lungs modified to allow to collapse and a blowhole at dorsal side of the head that opens actively and closes passively. Digestive system is very long. A stomach resembles that of ruminants and enzymatic digestion in it has a great significance. Hearing is the most developed sensory system of the bottlenose dolphin. The other sensory systems are not as developed as they are in terrestrial mammals but that is compensated with echolocation capabilities. Vocalization of the bottlenose dolphin is easy recognizable and sounds like a whistle. Every individual and every population has its own whistle contour. The main role in thermoregulation play blubber and heat-conserving vascular countercurrent systems and also reduced surface-to-volume ratio. The kidneys produce hypertonic (highly concentrated) urine as adaptation to hypertonic environment.

Bottlenose dolphins are known for their complex social structure, tight group bonds and caring for their offspring. Promiscuity is important for genetic biodiversity. Delayed implantation and long period that baby dolphin spends with its mother are crucial for species conservation.